

# **Adatlap<sup>1</sup> téma hirdetési javaslatohoz a Csonka Pál Doktori Iskola Tanácsa részére**

**Témavezető<sup>2</sup>** neve: Vidovszky István PhD  
e-mail címe<sup>3</sup>: vidovszky.istvan@epk.bme.hu

**Téma** címe (magyar és angol nyelven):

Épített örökségi területek automatizált monitorozásának  
rendszerfejlesztése  
System development of automated monitoring on built  
heritage sites

A **téma** rövid leírása<sup>4</sup> (magyar nyelven):

A történeti épületállomány folyamatos és szakszerű karbantartása alapvető társadalmi érdek, amely a kulturális értékek megőrzésén túl gazdasági szempontból is előnyös. Az örökségi területek állapotfigyelésének korszerű eszköze az automatizált monitorozás, amely digitális eszközök segítségével folyamatos emberi jelenlét nélkül is működő rendszerek kialakítását tűzi ki célul. A rendszer fejlesztése szempontjából a doktori kutatás keretében három terület részletesebb kutatása javasolható:

- I. A megfigyelések rendszerének fejlesztése, (protokoll, adattovábbítási és adattárolási rendszerek, szenzorrendszerek, vizsgálati típusok, adatok feldolgozása és osztályozása).
- II. A különféle adottságokkal rendelkező örökségi területeken adott helyszíni viszonyok mellett az adattovábbításért felelős hálózatok működési lehetőségeinek elemzése, fix és mobil (robot alapú) rendszerek működési feltételeinek részletes vizsgálata.

<sup>1</sup> Az adatlapot egy példányban *kinyomtatva* és *aláírva* a Szilárdságtani Tanszék titkárságára, *elektronikus változatban* pedig a Doktori Iskola titkárának (Fehér Krisztina, feher.krisztina@eptort.bme.hu) kell eljuttatni. A téma hirdetés elfogadása esetén az adatlap felkerül a Csonka Pál Doktori Iskola (<http://cspdi.bme.hu/felveteli/temahirdetesek>), a téma hirdetés rövid leírása pedig az Országos Doktori Tanács (<http://www.doktori.hu/>) honlapjára.

<sup>2</sup> A téma hirdetés elfogadása automatikusan a témavezető akkreditációját is jelenti az azévi felvételi eljáráshoz.

<sup>3</sup> Kérjük, olyan elérhetőséget adjon meg, ahová biztonsággal küldhetünk hivatalos értesítéseket.

<sup>4</sup> A téma rövid leírása (szóközökkel) 1000-3000 leütés hosszú. A jelentkező hallgatókat bővebben tájékoztató változatot, (mely a téma fent megadott releváns nemzetközi irodalmára tételesen hivatkozik) kérjük a mellékletben megadni.

III. Gépi tanulást/mély tanulást alkalmazó algoritmusok képi mintázatokon alapuló működtetése az örökségi helyszínek problémák korai felismerésében, amely alacsonyabb helyreállítási költségek és kisebb szerkezet-károsodások elérésének lehet az eszköze.

A kutatásokhoz előzményül szolgálnak az elmúlt néhány évben a befogadó tanszéken örökségi helyszínek automatizált vizsgálata kapcsán végzett kutatási munkák.

**A téma rövid leírása<sup>5</sup> (angol nyelven):**

The continuous and professional maintenance of historical buildings is a fundamental interest of the society, which besides the preservation of cultural values is also beneficial from an economic point of view. Automated monitoring of heritage areas is a modern means of monitoring heritage properties, which aims to establish systems that work without continuous human presence using digital tools. From the point of view of the development of this system, in the frame of doctoral research, three areas can be recommended for detailed investigation:

- I. Development of the observation system (protocol, data transmission, and data storage system, sensor systems, test types, data processing, and classification).
- II. Analysis of the operational possibilities of the networks responsible for data transmission, and a detailed examination of the operational conditions of fixed and mobile (robot-based) systems, considering the on-site conditions of heritage sites with various features.
- III. The operation of algorithms using machine learning/deep learning based techniques in the early detection of problems in heritage sites, which can be means of achieving lower restoration costs and less structural damage.

The research works carried out in the past few years in connection with the automated examination of heritage sites at the receiving department can serve as a background for this research.

**A téma meghatározó irodalma<sup>6</sup>:**

- Hatır, M. E., Barstuğan, M., & İnce, İ. (2020). Deep learning-based weathering type recognition in historical stone monuments. *Journal of Cultural Heritage*, 45, 193-203.

---

<sup>5</sup> A téma rövid leírása (szóközökkel) 1000-3000 leütés hosszú. A jelentkező hallgatókat bővebben tájékoztató változatot, (mely a téma fent megadott releváns nemzetközi irodalmára tételesen hivatkozik) kérjük a mellékletben megadni.

<sup>6</sup> Minimum 5, maximum 10 cikket vagy monografiát kérünk felsorolni, amik között feltétlenül szerepelnie kell a legfrissebb, legismertebb eredményeknek.

- Hatır, M. E., İnce, İ., & Korkanç, M. (2021). Intelligent detection of deterioration in cultural stone heritage. *Journal of Building Engineering*, 44, 102690.
- Mishra, M., Barman, T., & Ramana, G. V. (2022). Artificial intelligence-based visual inspection system for structural health monitoring of cultural heritage. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 1-18.
- Perles, A., Pérez-Marín, E., Mercado, R., Segrelles, J. D., Blanquer, I., Zarzo, M., & Garcia-Diego, F. J. (2018). An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage. *Future Generation Computer Systems*, 81, 566-581.
- Fiorucci, M., Khoroshiltseva, M., Pontil, M., Traviglia, A., Del Bue, A., & James, S. (2020). Machine learning for cultural heritage: A survey. *Pattern Recognition Letters*, 133, 102-108.
- Frick, J., Gabrielli, E., Colla, C., & Grüner, F. (2014). Long-term Monitoring of Salt Movement in Masonry Materials. In *International Masonry Conference* (pp. 1-13). cantoredondo.
- Gopinath, V. K., & Ramadoss, R. (2021). Review on structural health monitoring for restoration of heritage buildings. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1534-1538.
- Wu, M., & van Laar, B. (2021). The Monumentenwacht model for preventive conservation of built heritage: A case study of Monumentenwacht Vlaanderen in Belgium. *Frontiers of Architectural Research*, 10(1), 92-107.
- Zendri, E., Falchi, L., Izzo, F. C., Morabito, Z. M., & Driussi, G. (2017). A review of common NDTs in the monitoring and preservation of historical architectural surfaces. *International Journal of Architectural Heritage*, 11(7), 987-1004.

A **téma** hazai és nemzetközi folyóiratai<sup>7</sup>:

- *Journal of Cultural Heritage (WoS, Scopus)*
- *International Journal of Architectural Heritage (WoS, Scopus)*
- *International Journal of Construction Management (WoS, Scopus)*
- *Automation in Construction (WoS, Scopus, Icondia)*
- *Future Generation Computer Systems (WoS, Scopus)*
- *Journal of Civil Structural Health Monitoring (WoS, Scopus)*
- *Journal of Building Engineering (WoS, Scopus)*
- *Archeometriai Műhely (Scopus)*
- *Periodica Politechnica Architecture (Icondia)*
- *Építés-, építészettudomány (Scopus)*

---

<sup>7</sup> Minimum 5, maximum 10 folyóirat megadását kérjük, melyek között feltétlenül szerepelnie kell a PhD fokozatszerzés szempontjából elengedhetetlen (Web of Science, Scopus és/vagy Sci illetve Icondia) minősítésű idegen nyelvű folyóiratoknak is. Kérjük, ezeket a periodikákat a felsorolásban jelöljék meg.

A **témavezető** fenti folyóiratokban megjelent 5 közleménye:

- Pintér, F., Vidovszky, I., Weber, J., & Bayer, K. (2014). Mineralogical and microstructural characteristics of historic Roman cement renders from Budapest, Hungary. *Journal of cultural heritage*, 15(3), 219-226.
- Vidovszky, I., & Pintér, F. (2020). An investigation of the application and material characteristics of early 20th-century Portland cement-based structures from the historical Campus of the Budapest University of Technology and Economics. *International Journal of Architectural Heritage*. 14 (3),358-375 (2018 online)
- Vidovszky, I., & Pintér, F. (2021). Development of IoT-based condition survey units to monitor salt damages on plastered and rendered surfaces. *ARCHEOMETRIAI MŰHELY*, 18(1), 45-53.
- Kutasi, D., & Vidovszky, I. (2010). The cost effectiveness of continuous maintenance for monuments and historic buildings. *Periodica Polytechnica Architecture*, 41(2), 57-61.
- Vidovszky, I., Bukta, K., & Simon, P. (2014). Vakolt homlokzatok helyreállításának feltételei magyarországi piaci viszonyok mellett. *Építés-Építészettudomány*, 42(1-2), 43-56.

A **témavezető** utóbbi tíz évben megjelent 5 legfontosabb publikációja:

- Vidovszky, I. (2016). Impact-based diagnostic approach for maintenance monitoring of historic buildings. *Procedia engineering*, 164, 575-582.
- Vidovszky, I., & Pintér, F. (2020). An investigation of the application and material characteristics of early 20th-century Portland cement-based structures from the historical Campus of the Budapest University of Technology and Economics. *International Journal of Architectural Heritage*. 14 (3),358-375 (2018 online)
- Vidovszky, I., & Kiss, J. (2018). Examination of the Properties of Historical Wrought Iron in Architectural Structures. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 62(4), 1076-1082.
- Vidovszky, I., & Pintér, F. (2021). Development of IoT-based condition survey units to monitor salt damages on plastered and rendered surfaces. *ARCHEOMETRIAI MŰHELY*, 18(1), 45-53.
- Vidovszky, I. (2023). The impact of material and crafting technology on the shaping and design of wrought iron architectural elements. *Journal of Architecture and Urbanism*, 47(2), 171-182.

A **témavezető** eddigi doktoranduszai<sup>8</sup>:  
(név/felvétel éve/abszolutórium megszerzésének éve/PhD fokozat éve)

- Kutasi Dávid (abszolutórium: 2016)

Melléklet: a téma bővebb leírása (magyar és angol<sup>9</sup> nyelven)

Budapest, 2024. január 26.



Vidovszky István PhD  
Témavezető aláírása

---

<sup>8</sup> Kérjük, a témavezetési tevékenységre vonatkozó adatokat abban az esetben is adja meg, ha témavezetőként a DI már korábban akkreditálta.

<sup>9</sup> A téma bővebb leírása angol nyelven csak akkor szükséges, ha a témavezető vállalja külföldi hallgató fogadását.

# Épített örökségi területek automatizált monitorozásának rendszerfejlesztése

Részletes ismertető

Vidovszky István PhD

A történeti épületállomány folyamatos és szakszerű karbantartása [1] alapvető társadalmi érdek, amely a kulturális értékek megőrzésén túl gazdasági szempontból is előnyösnek tekinthető [2]. Az épített örökségi ingatlanok állapotfigyelésének korszerű eszköze az örökségi területek automatizált (okos) monitorozása, amely különféle digitális eszközöket (data loggerek, IoT-k, mobil mérőállomások, diagnosztikai robotok, stb.) szervez folyamatos emberi felügyelet nélkül stabilan működő hálózatba [3][4][5]. A monitorozó rendszer elősegíti a hatékony és preventív karbantartást, valamint olyan adatbázisok létrejöttéhez vezet, amelyek jó szolgálatot tesznek az épületek használatalemzésében (Post Occupancy Evaluation). Az okos monitorozás rendszerének fejlesztése már hosszabb ideje képezi kutatások tárgyát. Erre utal számos publikáció [6][7][8][9][10][11][12], továbbá pl. a „Smart Monitoring of Historic Structures” címmel 2008 -2011 között folytatott EU7 kutatási program [13]. Mindezek ellenére a terület fejlesztése számos további kérdés vizsgálatát igényli.

Az örökségi helyszínek többnyire egyedi karakterrel rendelkező helyszínek, amelyeken a különféle korszerű felméréseket és monitorozást biztosító (pl. elektromos és informatikai) hálózatok telepítése tekintetében örökségvédelmi szempontokat, valamint a terepadottságokból és az épületszerkezetek jellegéből adódó fizikai korlátokat kell figyelembe venni [3].

A mesterséges intelligencia térhódításával előtérbe került a mintázat-felismerésen alapuló problémfeltárás módszere [14]. Az épületek látszó felületeinek ellenőrzése, a felületi anyagok esetleges károsodásának képi elemzése tekintetében már zajlottak kutatások [15][16][17]. Ennek a területnek a fejlődése újabb eszközök alkalmazásának lehetőségeit nyitja meg az örökségi épületek monitorozásának terén is. Ezek rendszerbe foglalása, alkalmazási kereteinek meghatározása, szintén újabb kutatásokat igényel.

A műemléki helyszíneket monitorozó rendszer fejlesztése tekintetében a következő három terület részletesebb kutatása javasolható:

- I. A megfigyelések rendszerének fejlesztése, megfigyelési protokoll, adattárolás, adattovábbítás, adatrögzítéshez alkalmazható szenzorrendszerek, vizsgálati típusok körültekintő összeállítása, az adatok felvételéért és továbbításáért felelős szoftverek fejlesztése, a keletkező adatok feldolgozása, osztályozása. A megfigyelő rendszerek kialakításánál szóba kerülhetnek különféle a műemléki felújításokhoz alkalmazható használatalemzést célzó adatbázisépítések is.
- II. A különféle adottságokkal rendelkező műemléki helyszíneken, örökségi területeken, adott helyszíni viszonyok mellett különféle adattovábbító technológián alapuló hálózatok tesztelése, a működés elemzése, fix és mobil (robot alapú) rendszerek működési feltételeinek részletes vizsgálata.

III. Kamerával ellátott digitális felmérőegységek használata esetén vizsgálható a gépi tanulást/mély tanulást alkalmazó algoritmusok képi mintázatokon alapuló működtetése a problémák korai felismerésében. A korai felismerés többnyire alacsonyabb javítási/helyreállítási költséget eredményez és segíti a történeti értéket jelentő szerkezet károsodásának minimalizálását, ezáltal az eredeti faktúra lehetséges legnagyobb mértékű megőrzését, azaz a gyakorlati örökségvédelem egyik alapvető célját.

A kutatási munka célja a fenti területek vizsgálatát követően mindegyik téma kör különálló tudományos publikációval való lezárása. A kutatásokhoz előzményül szolgál az elmúlt néhány évben a befogadó tanszéken örökségi helyszínek automatizált vizsgálata kapcsán végzett kutatási munka is.

#### Források:

- [1] Wu, M., & van Laar, B. (2021). The Monumentenwacht model for preventive conservation of built heritage: A case study of Monumentenwacht Vlaanderen in Belgium. *Frontiers of Architectural Research*, 10(1), 92-107.
- [2] Kutasi, D., & Vidovszky, I. (2010). The cost effectiveness of continuous maintenance for monuments and historic buildings. *Periodica Polytechnica Architecture*, 41(2), 57-61.
- [3] Perles, A., Pérez-Marín, E., Mercado, R., Segrelles, J. D., Blanquer, I., Zarzo, M., & Garcia-Diego, F. J. (2018). An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage. *Future Generation Computer Systems*, 81, 566-581.
- [4] Vidovszky, I., & Pintér, F. (2020, July). Automated State-Survey System for Monitoring Salt Damages on Plastered Wall Surfaces. In *Creative Construction e-Conference 2020* (pp. 8-13). Budapest University of Technology and Economics.
- [5] Vidovszky, I., & Pintér, F. (2021). Development of IoT-based condition survey units to monitor salt damages on plastered and rendered surfaces. *ARCHEOMETRIAI MŰHELY*, 18(1), 45-53.
- [6] Ceriotti, M., Mottola, L., Picco, G. P., Murphy, A. L., Guna, S., Corra, M., Pozzi, M., Zonta D., Zanon, P. (2009, April). Monitoring heritage buildings with wireless sensor networks: The Torre Aquila deployment. In *2009 International Conference on Information Processing in Sensor Networks* (pp. 277-288). IEEE.
- [7] D'Amato, F., Gamba, P., & Goldoni, E. (2012, September). Monitoring heritage buildings and artworks with wireless sensor networks. In *2012 IEEE Workshop on Environmental Energy and Structural Monitoring Systems (EESMS)* (pp. 1-6). IEEE.
- [8] Frick, J., Gabrielli, E., Colla, C., & Grüner, F. (2014). Long-term Monitoring of Salt Movement in Masonry Materials. In *International Masonry Conference* (pp. 1-13). cantoredondo.
- [9] Vidovszky, I. (2016). Impact-based diagnostic approach for maintenance monitoring of historic buildings. *Procedia engineering*, 164, 575-582.
- [10] Gopinath, V. K., & Ramadoss, R. (2021). Review on structural health monitoring for restoration of heritage buildings. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1534-1538.
- [11] Vidovszky, I., & Pintér, F. (2022). IoT System for Maintenance Monitoring of Historic Buildings—Smart Monitoring. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1218, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
- [12] Vidovszky, I. (2023). Options of Automated Surveys for Mainetenance Monitoring Services of Heritage Buildings. In *Creative Construction Conference 2023* (pp. 71-78). Budapest University of Technology and Economics.

- [13] SMOOHS 2011 <https://cordis.europa.eu/project/id/212939/reporting> 2024-01-26
- [14] Fiorucci, M., Khoroshiltseva, M., Pontil, M., Traviglia, A., Del Bue, A., & James, S. (2020). Machine learning for cultural heritage: A survey. *Pattern Recognition Letters*, 133, 102-108.
- [15] Hatır, M. E., Barstuğan, M., & İnce, İ. (2020). Deep learning-based weathering type recognition in historical stone monuments. *Journal of Cultural Heritage*, 45, 193-203.
- [16] Hatır, M. E., İnce, İ., & Korkanç, M. (2021). Intelligent detection of deterioration in cultural stone heritage. *Journal of Building Engineering*, 44, 102690.
- [17] Mishra, M., Barman, T., & Ramana, G. V. (2022). Artificial intelligence-based visual inspection system for structural health monitoring of cultural heritage. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 1-18.

## System development of automated monitoring on built heritage sites

### Detailed description

Vidovszky István PhD

The continuous and professional maintenance of historical buildings [1] is a fundamental interest of the society, which besides the preservation of cultural values is also beneficial from an economic point of view [2]. A modern means of monitoring the condition of built heritage properties is the automated (smart) monitoring of heritage areas, which integrates various digital devices (data loggers, IoTs, mobile measuring stations, diagnostic robots, etc.) into a stable network under continuous human supervision [3][4][5]. The monitoring system enables effective preventive maintenance, as well as provides databases that might serve well for post-occupancy evaluation of the heritage building stock. The development of the smart monitoring system has been the subject of research for a long time. This is indicated by numerous publications [6][7][8][9][10][11][12] and for instance the EU7 research program entitled "Smart Monitoring of Historic Structures" between 2008 and 2011 [13]. Despite all these results, the development of this area requires many further examinations.

Heritage sites are mostly sites with a unique character, where the installation of various modern surveys and monitoring (e.g. electrical and IT) networks must consider heritage protection aspects, as well as physical limitations arising from terrain and the nature of building structures [3].

With the rise of artificial intelligence, the method of problem detection based on pattern recognition gained more and more importance [14]. Research has already been carried out regarding the inspection of the visible surfaces of buildings and the visual analysis of possible damage to surface materials [15][16][17]. The development of this area provides new tools in the field of heritage monitoring as well. The systematization and the definition of application frameworks in this field are also tasks for further research.

Regarding the development of the monitoring system at heritage sites, detailed research is recommended in the following three areas:

- I. Development of the observation system, observation protocol, data storage, data transmission, sensor systems for data recording, a mindful compilation of test types, development of software responsible for data recording and transmission, processing, and classification of the resulting data. In connection with the development of the monitoring system, some database conceptions, which aim for post-occupancy evaluation at heritage sites can also be considered.
- II. Analysis of the operational possibilities of the networks responsible for data transmission, and a detailed examination of the operational conditions of fixed and mobile (robot-based) systems, considering the on-site conditions of heritage sites with various features.
- III. The application of survey units equipped with a camera enables the operation of algorithms using machine learning/deep learning based techniques in the early detection of problems in heritage sites, which can be means of achieving lower restoration costs and less structural damage, thereby preserving the original feature to

the greatest possible extent, that is one of the fundamental practical goals of heritage protection.

As a summary of the research work, scientific publications should be contemplated in each of the above areas. The research work carried out in the past few years in connection with the automated examination of heritage sites at the host department also serves as a background for the research.

#### Resources:

- [1] Wu, M., & van Laar, B. (2021). The Monumentenwacht model for preventive conservation of built heritage: A case study of Monumentenwacht Vlaanderen in Belgium. *Frontiers of Architectural Research*, 10(1), 92-107.
- [2] Kutasi, D., & Vidovszky, I. (2010). The cost effectiveness of continuous maintenance for monuments and historic buildings. *Periodica Polytechnica Architecture*, 41(2), 57-61.
- [3] Perles, A., Pérez-Marín, E., Mercado, R., Segrelles, J. D., Blanquer, I., Zarzo, M., & Garcia-Diego, F. J. (2018). An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage. *Future Generation Computer Systems*, 81, 566-581.
- [4] Vidovszky, I., & Pintér, F. (2020, July). Automated State-Survey System for Monitoring Salt Damages on Plastered Wall Surfaces. In *Creative Construction e-Conference 2020* (pp. 8-13). Budapest University of Technology and Economics.
- [5] Vidovszky, I., & Pintér, F. (2021). Development of IoT-based condition survey units to monitor salt damages on plastered and rendered surfaces. *ARCHEOMETRIAI MŰHELY*, 18(1), 45-53.
- [6] Ceriotti, M., Mottola, L., Picco, G. P., Murphy, A. L., Guna, S., Corra, M., Pozzi, M., Zonta D., Zanon, P. (2009, April). Monitoring heritage buildings with wireless sensor networks: The Torre Aquila deployment. In *2009 International Conference on Information Processing in Sensor Networks* (pp. 277-288). IEEE.
- [7] D'Amato, F., Gamba, P., & Goldoni, E. (2012, September). Monitoring heritage buildings and artworks with wireless sensor networks. In *2012 IEEE Workshop on Environmental Energy and Structural Monitoring Systems (EESMS)* (pp. 1-6). IEEE.
- [8] Frick, J., Gabrielli, E., Colla, C., & Grüner, F. (2014). Long-term Monitoring of Salt Movement in Masonry Materials. In *International Masonry Conference* (pp. 1-13). cantoredondo.
- [9] Vidovszky, I. (2016). Impact-based diagnostic approach for maintenance monitoring of historic buildings. *Procedia engineering*, 164, 575-582.
- [10] Gopinath, V. K., & Ramadoss, R. (2021). Review on structural health monitoring for restoration of heritage buildings. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1534-1538.
- [11] Vidovszky, I., & Pintér, F. (2022). IoT System for Maintenance Monitoring of Historic Buildings—Smart Monitoring. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1218, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
- [12] Vidovszky, I. (2023). Options of Automated Surveys for Mainetenance Monitoring Services of Heritage Buildings. In *Creative Construction Conference 2023* (pp. 71-78). Budapest University of Technology and Economics.
- [13] SMOOHS 2011 <https://cordis.europa.eu/project/id/212939/reporting> 2024-01-26
- [14] Fiorucci, M., Khoroshiltseva, M., Pontil, M., Traviglia, A., Del Bue, A., & James, S. (2020). Machine learning for cultural heritage: A survey. *Pattern Recognition Letters*, 133, 102-108.
- [15] Hatır, M. E., Barstuğan, M., & İnce, İ. (2020). Deep learning-based weathering type recognition in historical stone monuments. *Journal of Cultural Heritage*, 45, 193-203.

- [16] Hatır, M. E., İnce, İ., & Korkanç, M. (2021). Intelligent detection of deterioration in cultural stone heritage. *Journal of Building Engineering*, 44, 102690.
- [17] Mishra, M., Barman, T., & Ramana, G. V. (2022). Artificial intelligence-based visual inspection system for structural health monitoring of cultural heritage. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 1-18.